

# DESAIN JARINGAN BACKBONE KABEL OPTIK PADA PROVINSI KEPULAUAN RIAU DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI DWDM - OTN

Oleh:

Azarya N J Siahaan<sup>1</sup>, Saut Matedius Situmorang<sup>2</sup>  
Universitas HKBP Nommensen Pematang Siantar<sup>1</sup>,  
Institut Sains dan Teknologi T.D. Pardede<sup>2</sup>

e-mail:

[skatemelodicpunker@gmail.com](mailto:skatemelodicpunker@gmail.com)<sup>1</sup>, [mathedyusmail@gmail.com](mailto:mathedyusmail@gmail.com)<sup>2</sup>

## ABSTRAK

Pada perancangan jaringan *backbone* provinsi Kepulauan Riau (KEPRI) menggunakan perangkat *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) dan *Optical Transport Network* (OTN) yang mencakup 5 kabupaten dan 2 kota madya yang terdiri dari 13 segment dimana dari 13 segment yang semua terdiri dari 7 site DWDM OTN dan tidak terdapat adanya site *Optical Land Amplifier* (OLA). Dari hasil desain dan simulasi jaringan *backbone*, didapatkan bahwa nilai dari *Optical Link Power Budget* (OLPB)  $< 50$  dBm dimana nilai tersebut adalah nilai ideal didalam penggelaran jaringan *backbone* DWDM OTN, serta kisaran dari *Optical Signal Noise Ratio* (OSNR) berkisar antara  $20$  dBm  $< OSNR < 40$  dBm, yang merupakan nilai ideal dari OSNR, serta memiliki nilai *Optical Rise Time Budget* (ORTB)  $< 60$  ps, dan juga memiliki sistem *segment margin*  $> 7$  dB.

**Kata Kunci:** Jaringan *backbone*, DWDM OTN, OLA, Provinsi Kepulauan Riau (KEPRI), *Optical Link Power Budget* (OLPB), *Optical Signal Noise Ratio* (OSNR), *Optical Rise Time Budget* (ORTB)

## ABSTRACT

*In designing the Riau Island Network backbone province, it uses Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) and Optical Transport Network (OTN) which cover 7 city districts consisting of 13 segments of 7 DWDM OTN and none Optical Land Amplifier (OLA) sites. From the design and backbone network simulation results, it was found that the value of Optical Link Power Budget (OLPB)  $< 50$  dBm, where this is an ideal value for deploying a DWDM OTN backbone network, and the range of values for Optical Signal Noise Ratio (OSNR) ranges from  $20$  dBm  $< OSNR < 40$ , and also have an ideal Optical Rise Time Budget (ORTB) value  $< 60$  ps dBm, which is the ideal value of OSNR, and also has a margin segment system  $> 7$  dB*

**Keywords:**

*Optical Network Backbone, DWDM OTN, OLA, Riau Island Province, Optical Link Power Budget (OLPB), Optical Signal Noise Ratio (OSNR), Optical Rise Time Budget (ORTB)*

## 1. PENDAHULUAN

Palapa Ring sendiri adalah salah satu program prioritas utama dari pemerintah untuk membangun sistem jaringan *backbone* kabel optik yang memiliki kapasitas besar dan kecepatan tinggi dengan cara mengintegrasikan jaringan yang sudah ada dengan jaringan yang akan dibuat. Palapa Ring sendiri terbagi kedalam 3 segment utama yaitu, Palapa Ring Barat (PRB), Palapa Ring Tengah (PRT), dan Palapa Ring Timur (PTT). Proyek Palapa Ring sudah mulai digelar dengan tujuan untuk menyambungkan pulau pulau yang ada di Indonesia baik melalui jalur darat dan jalur laut. Proyek Palapa Ring sudah membuat beberapa ring besar di Indonesia, tetapi 11 ring yang menghubungkan Sulawesi dan NTT masih belum selesai. Terkait dengan masalah tersebut, jaringan *backbone* optik dari Makassar – Maumere sebagai bagian dari 11 bagian ring tersebut dirancang menggunakan teknologi perangkat *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) [1].

Perkembangan jaringan *backbone* kabel optik juga direncanakan di beberapa area seperti perancangan jaringan *backbone Long Term Evolution* (LTE) 4G di daerah Sleman Yogyakarta [2]. Selain itu

perancangan jaringan *backbone* untuk wilayah provinsi Sumatera utara sendiri juga sedang direncanakan [3]. Pada penulisan prosiding ilmiah ini, untuk area yang dipilih adalah Provinsi Kepulauan Riau (KEPRI), dimana Provinsi Kepulauan Riau (KEPRI) saat ini sudah menjelma menjadi pusat bisnis, industri, perdagangan, barang, dan jasa serta berbatasan langsung dengan negara – negara ASEAN lainnya seperti Singapura, dan Malaysia. Sehingga kedepannya akan diproyeksikan akan terus mengalami kemajuan dan perkembangan pesat [4]. Maka untuk dapat mengantisipasi hal tersebut, perlu segera dibuat dan digelar jaringan *backbone* kabel optik darat dan laut yang menghubungkan semua kabupaten dan kota yang ada di Provinsi Kepulauan Riau yang berjumlah 5 kabupaten dan 2 kota madya. Gambar 1 dibawah ini menunjukkan Proyek Palapa Ring.

Pada penulisan jurnal penelitian ini, dalam membuat design jaringan *backbone* kabel optik darat dan laut, menggunakan *software OTN Planner* sebagai alat bantu utama didalam melakukan desain dan simulasi serta perhitungan nilai *Optical Link Power Budget* (OLPB) dan *Optical Signal Noise Ratio* (OSNR) yang menjadi acuan utama didalam menyusun perlengkapan material yang diperlukan didalam realisasi dari perangkat DWDM OTN.

**Gambar 1. Proyek Palapa Ring Indonesia**



## 2. TINJAUAN PUSTAKA

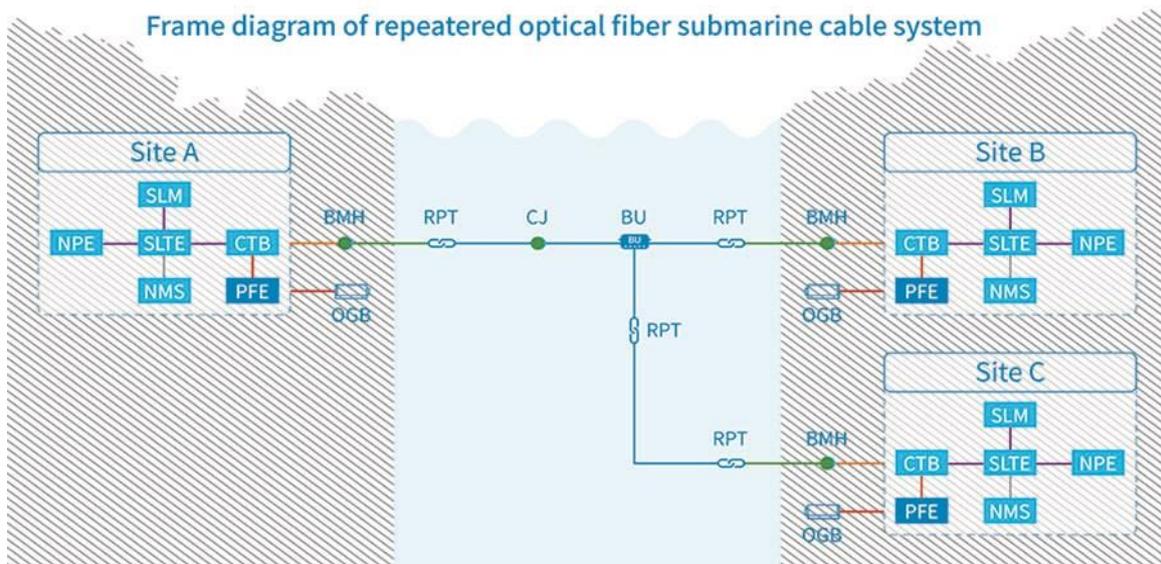
Secara umum, sistem komunikasi kabel optik laut terdiri dari dua bagian

utama yaitu bagian darat (*Dry Part*) dan juga bagian laut (*Wet Part*). Pada bagian darat (*Dry Part*) terdiri dari *Site Shelter* utama yang berfungsi sebagai tempat berdirinya perangkat terminal yang

menghubungkan antara *Site/Shelter* (stasiun) antar kabupaten, kota yang terletak didaerah provinsi kepulauan. Sedangkan bagian laut (*Wet Part*) terdiri dari kabel optik laut beserta elemen pendukung yang meliputi perangkat *Optical Repeater* (RPT), *Cable Jointing* (CJ), dan *Cable Branching Unit* (BU) yang berfungsi untuk menghubungkan stasiun (shelter) antar pulau.

Secara keseluruhan perangkat terminal yang ada didalam shelter terdiri dari *Cable Terminal Box* (CTB), *Power Feeding Equipment* (PFE), *Submarine Line Monitoring* (SLM), *Submarine Line Terminal Equipment* (SLTE), *Network*

*Monitoring System* (NMS), dan *Network Protection Equipment* (NPE), sedangkan perangkat yang ada diluar shelter terdiri dari *Ocean Ground Bed* (OGB) dan *Beach Manhole* (BMH). Komponen perangkat yang ada didalam shelter berfungsi sebagai titik terminal ujung dari fisik kabel optik sedangkan yang ada diluar shelter seperti BMH dan OGB berfungsi sebagai tempat *Landing Station* (LS) dari kabel optik laut sebelum menuju perangkat yang ada didalam site/shelter. Gambar 2 dibawah ini menunjukkan komponen sistem komunikasi kabel laut.



**Gambar 2. Diagram Sistem Komunikasi Kabel Laut (Submarine)**

Pada jaringan backbone kabel optik, terdapat 2 jenis perangkat utama yang digunakan untuk mentransmisikan sinyal Cahaya (*Laser*) yang merambat melalui kabel serat optik yaitu perangkat *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) dan *Optical Transport Network* (OTN) kedua perangkat tersebut saling berkaitan satu dengan yang lainnya didalam

menjalankan operasional system jaringan backbone kabel optik. Pada buku ini akan dibahas dengan lengkap kedua jenis perangkat DWDM dan OTN, dimana fungsi dari DWDM lebih kepada menggabungkan dan memecah (*Multiplexing* dan *De-Multiplexing*) dari banyak sinyal frekuensi pada perangkat pengirim (Tx) yang digunakan pada system transmisi kabel optik menjadi satu kesatuan didalam kanal

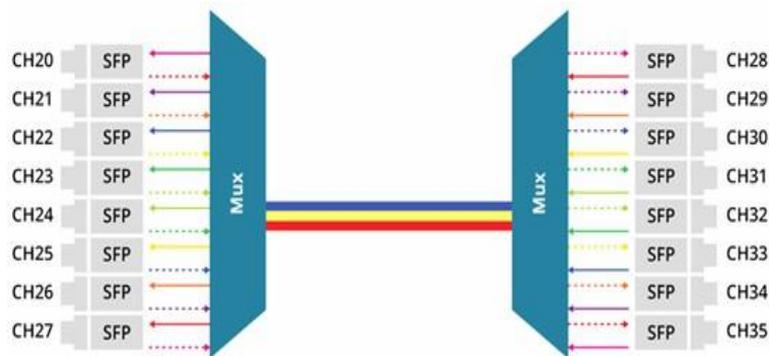
transmisi dan kemudian memecah kembali kedalam banyak saluran frekuensi pada perangkat penerima (Rx) untuk kemudian diturunkan kedalam perangkat OTN, dimana perangkat OTN berfungsi sebagai *cross connection* pada sisi *slot* dan *port* yang terkoneksi langsung kedalam perangkat *middle segment* dan *last segment* yang langsung terhubung keperangkat operator dan customer disisi *last mile*.

*Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) merupakan teknik multiplexing dimana sejumlah sinyal optik dengan panjang gelombang yang berbeda-beda ditransmisikan secara simultan melalui sebuah serat optik tunggal. Tiap panjang gelombang merepresentasikan sebuah kanal informasi. Pada dasarnya, konfigurasi sistem DWDM terdiri dari sekumpulan *transmitter* sebagai sumber optik yang memancarkan cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda-beda [5]. Sinyal cahaya tersebut kemudian mengalami proses *multiplexing* dan ditransmisikan secara simultan melalui medium serat optik yang sama. Di sisi *receiver* (penerima), sinyal tersebut kemudian mengalami *demultiplexing* (dipecah) kembali dan dipisahkan kembali berdasarkan panjang gelombangnya masing-masing. Gambar 19 dibawah ini menunjukkan konsep DWDM.

Sistem DWDM menggunakan teknik resolusi tinggi, atau *narrowband*, dimana laser ditransmisikan pada 1310, 1330, 1350, 1510, 1550, dan 1650 nm panjang gelombang *Band*. Operasi di kisaran 1550 nm memberikan dua manfaat: meminimalkan kerugian daya optik sebagai sinyal merambat sepanjang serat memungkinkan jarak transmisi yang jauh lebih besar dengan kualitas sinyal output yang jauh lebih baik keluarannya. Hal ini memungkinkan penggunaan amplifier optik untuk meningkatkan kekuatan sinyal untuk jarak diperpanjang. *Amplifier* optik jauh lebih murah daripada *amplifier* listrik karena

mereka tidak memiliki untuk menumbuhkan sinyal optik individu.

Kunci keunggulan dari DWDM sendiri adalah kecepatan dan transfer protokol tidak relevan dimana DWDM sendiri menggunakan *IP Protocol*, *Asynchronous Transfer Module* (ATM), *Synchronous Optical Network* (SONET), *Synchronous Digital Hierarchy* (SDH) dan protokol *Ethernet* untuk mengirimkan data, processing data trafik antara 100 Mbps – 2,5 Gbps, dengan cara seperti ini DWDM dapat mengirimkan berbagai jenis trafik data dengan kecepatan berbeda didalam kanal laser. Dari segi QoS DWDM sendiri memberikan keuntungan ergonomis.



**Gambar 19. Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)**

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan didalam penulisan jurnal ilmiah ini adalah dengan cara mengumpulkan data awal tentang peta geografi Provinsi Kepulauan Riau (KEPRI) yang ada dipulau Sumatera. Hal ini penting didalam menentukan tahapan selanjutnya. Untuk mengumpulkan data informasi geografis dan karakteristik wilayah Provinsi Kepulauan Riau terutama jumlah kota dan kabupaten yang ada di provinsi tersebut. Penulis menggunakan *Software Google Map* dan bantuan data dari *Google Wikipedia*.

Setelah tahapan pengumpulan data awal terkait provinsi Kepulauan Riau yang ada dipulau Sumatera, dimana data yang paling dibutuhkan adalah banyaknya jumlah kabupaten dan kota madya yang terdapat didalam provinsi Kepulauan Riau. Maka tahapan selanjutnya adalah melakukan pembagian segment antara kabupaten dan kota yang ada di Provinsi Kepulauan Riau untuk mengetahui apakah kabupaten atau kota tersebut masuk kedalam segment kabel optik darat atau kabel optik laut. Hal ini juga bisa didapat dengan bantuan software *Google Map* maupun *Google Earth*. Setelah tahapan identifikasi segment tersebut

dilakukan, maka tahapan selanjutnya adalah membagi semua kota kabupaten yang ada dipulau Kalimantan kedalam dua segment yaitu segment darat (*Inland*) dan segment laut (*Submarine*).

Apabila tahapan identifikasi dan pembagian segment pada semua kabupaten dan kota di Provinsi Kepulauan Riau selesai dilakukan, maka tahapan selanjutnya adalah melakukan pengukuran jarak antar kota dan kabupaten sebagai basis didalam menentukan besaran nilai dari panjang kabel optik yang bakalan digelar di Provinsi Kepulauan Riau. Untuk pengukuran kabupaten dan kota yang masuk kedalam segment darat (*Inland*) digunakan *Software Google Map*, sedangkan untuk melakukan pengukuran pada kota kabupaten yang masuk kedalam segment kabel laut (*Submarine*), maka digunakan *Software Google Earth Pro*.

Tahapan selanjutnya setelah mendapatkan data hasil pengukuran panjang kabel yang melewati semua kota kabupaten di Provinsi Kepulauan Riau dengan menggunakan *Software Google Map* dan *Google Earth*, maka dibuat gambar design jaringan topologi *backbone* pada provinsi Kepulauan Riau dengan menggunakan peta wilayah provinsi tersebut untuk memudahkan didalam pembuatan design

gambar sekaligus mengidentifikasi dan memastikan bahwa setiap kabupaten dan kota yang ada didalam gambar topologi tersebut bisa terhubung antara satu sama lain. Untuk design gambar topologi jaringan backbone ini bisa menggunakan *Software Microsoft Word*.

Setelah tahapan pembuatan gambar design topology jaringan *backbone* di provinsi Kepulauan Riau selesai dibuat, maka tahapan selanjutnya adalah membuat tabulasi data teknis dari semua segment kabupaten kota baik yang dilewati jalur kabel optik darat maupun jalur kabel optik laut kedalam bentuk tabel *Spreadsheet Excel*. Hal ini perlu dilakukan guna memudahkan didalam pemindahan data dari *Microsoft Excel* ke *Microsoft Word*. Selain itu tujuan dari membuat tabulasi data dalam bentuk *Spreadsheet Excel* adalah guna memudahkan didalam melakukan perhitungan nilai *Optical Link Power Budget* (OSNR), *Optical Signal Noise Ratio* (OSNR) dan *Optical Rise Time Budget* (ORTB).

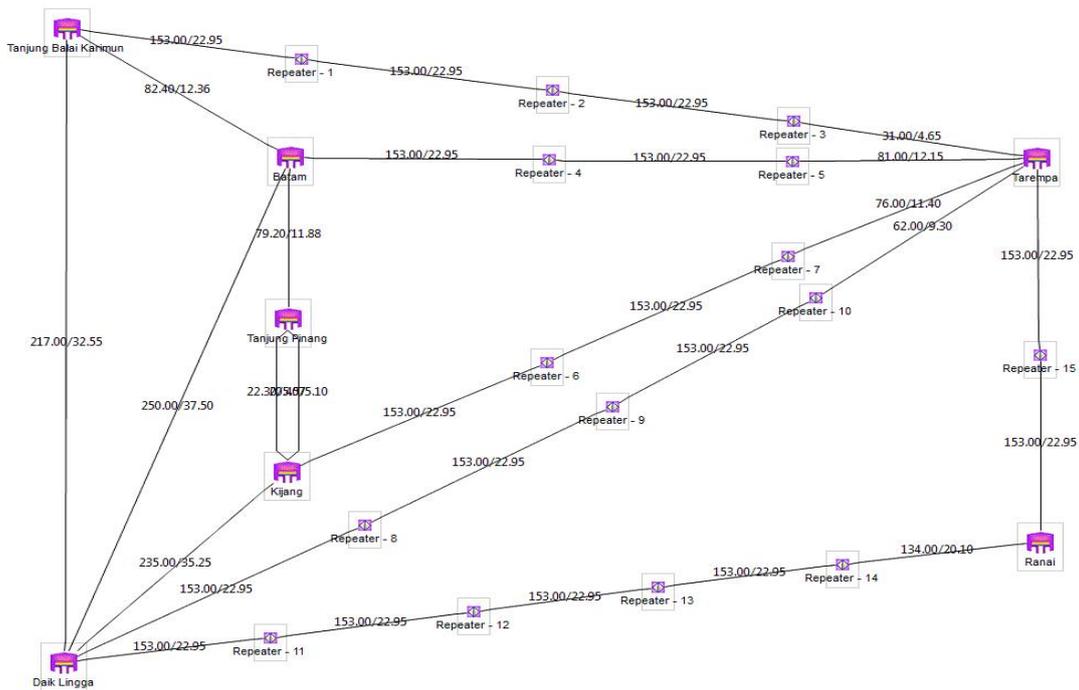
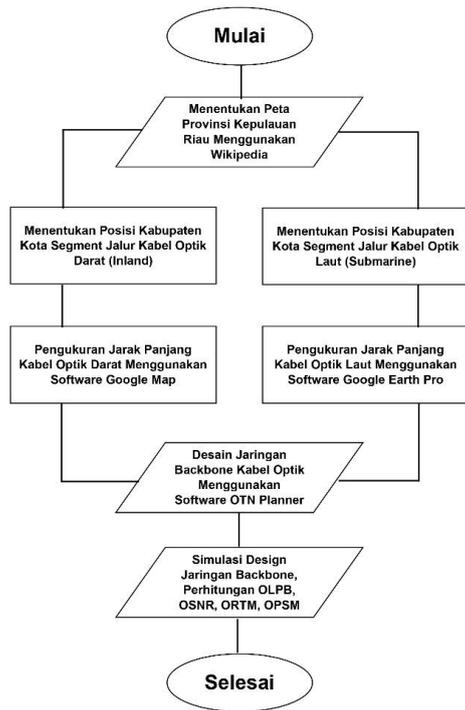
Setelah tahapan pembuatan tabulasi data dalam bentuk *Microsoft Excel* selesai dibuat. Maka tahapan selanjutnya adalah melakukan design infrastruktur backbone provinsi Kepulauan Riau kedalam *Software OTN Planner*. *OTN Planner* sendiri adalah *Software* yang dikeluarkan oleh perusahaan *Vendor* perangkat kabel optik *Fiberhome*. Dimana *Software* ini memang dikhususkan untuk membuat design proyek infrastruktur perangkat jaringan *backbone* kabel optik dengan menggunakan basis perangkat DWDM dan OTN.

Setelah design infrastruktur jaringan backbone optik provinsi Kepulauan Riau selesai dilakukan dengan menggunakan *Software OTN Planner*, maka tahapan selanjutnya adalah melakukan perhitungan nilai *Optical Link Power Budget* (OLPB), *Optical Signal Noise Ratio* (OSNR) dan *Optical Rise Time Budget* (ORTB). Untuk

perhitungan dari OLPB dan ORTB sendiri dapat dilakukan secara manual menggunakan *Microsoft Excel*, sedangkan untuk perhitungan OSNR harus dilakukan menggunakan *Software OTN Planner* karena metode perhitungan OSNR cukup rumit dan hanya dapat digenerate dengan simulasi topologi jaringan *backbone* yang sudah didesign di *Software OTN Planner*.

Setelah tahapan OLPB, OSNR, dan ORTB selesai dilakukan, maka tahapan selanjutnya adalah membuat contoh design perangkat *backbone* DWDM OTN beserta contoh dari daftar material yang digunakan untuk menyusun bentuk fisik perangkat. Setelah tahapan contoh design perangkat dan daftar material selesai dibuat, maka tahapan selanjutnya adalah membuat design *Network Monitoring System* (NMS) seluruh jaringan *backbone* kabel optik provinsi Kepulauan Riau. Dan setelah pembuatan NMS selesai dilakukan, maka tahapan selanjutnya adalah masuk kepada tahapan implementasi proyek. Gambar 51 dibawah ini menunjukkan diagram alir (*Flowchart*) didalam penulisan buku teknis ini.

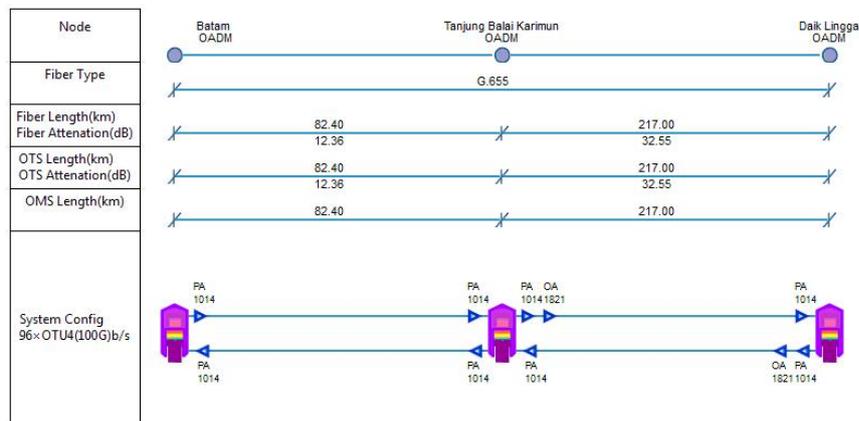
**Gambar 51. Diagram Alir Metodologi Penelitian**



#### 4. HASIL & PEMBAHASAN

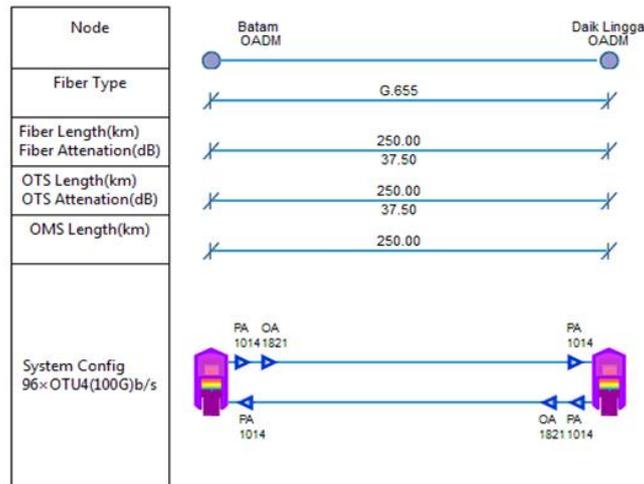
Pada provinsi Kepulauan Riau, perancangan topologi jaringan *backbone* juga mengikuti segment Kota Madya dan Kota Kabupaten yang terdapat didalam provinsi tersebut. Perancangan desain jaringan menggunakan *Software OTN Planner*. Untuk provinsi Kepulauan Riau sendiri memiliki total 5 kota kabupaten dan 2 kota madya. Pada perancangan topologi jaringan *backbone* dengan menggunakan software *Optical Transport Network Planner* (OTN Planner) tersebut, terdapat 22 segment DWDM OTN yang diwakili oleh ke 5 Ibukota Kabupaten dan 2 Kota Madya yang ada pada jaringan backbone kabel optik provinsi Kepulauan Riau seperti pada gambar diatas.

Pada site DWDM OTN provinsi Kepulauan Riau memiliki 3 segment sebagai berikut : Untuk segment Batam – Daik Lingga terdiri dari 3 site DWDM OTN yaitu site (Batam – Tanjung Balai Karimun – Daik Lingga). Pada site ini tidak terpasang perangkat Submarine Optical Repeater (SOR) dikarenakan jarak dan panjang kabel optic yang digelar pada ketiga kota tersebut memiliki panjang, 295 km. Untuk modul OA dan PA yang terpasang pada segment ini berjumlah 10 modul yang terpasang pada sisi Tx dan Rx, dimana modul OA berjumlah 2 modul dan modul PA berjumlah 8 modul seperti pada gambar dibawah ini.



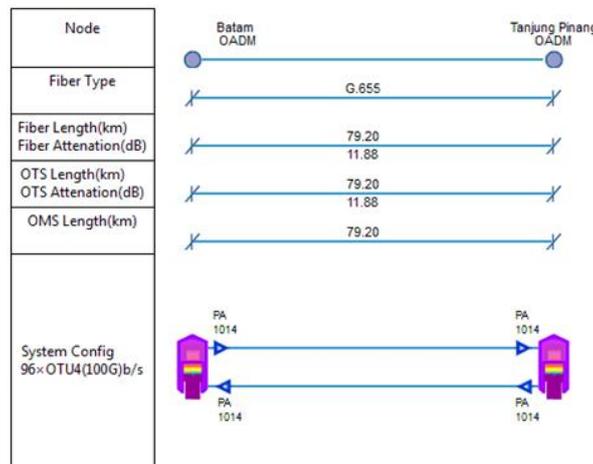
**Gambar Simulasi Segment Batam – Tanjung Balai Karimun – Daik Lingga**

Sedangkan untuk segment Batam – Daik Lingga hanya terdiri dari 2 site DWDM OTN yaitu site Batam dan Daik Lingga), pada segment ini juga tidak terpasang perangkat tambahan berupa *Submarine Optical Repeater* (SOR) dikarenakan jarak panjang kabel yang digelar pada kedua kota tersebut memiliki panjang < 295 km. Dimana pada segment tersebut terpasang modul OA dan PA berjumlah 6 modul yang terpasang pada sisi Tx dan Rx, dimana modul OA berjumlah 2 modul dan modul PA berjumlah 4 modul seperti pada gambar 86 dibawah ini



### Gambar Simulasi Segment Sambas – Putussibau

Pada segment Batam – Tanjung Pinang hanya terdiri dari 2 site DWDM OTN yaitu site Batam dan Tanjung Pinang), pada segment ini juga tidak terpasang perangkat tambahan berupa *Submarine Optical Repeater* (SOR) dikarenakan jarak panjang kabel yang digelar pada kedua kota tersebut memiliki panjang < 295 km. Dimana pada segment tersebut hanya terpasang modul PA dikarenakan jarak panjang kabel yang sangat pendek = 79,2 km. Modul PA yang terpasang pada segment ini berjumlah 4 modul yang terpasang pada sisi Tx dan Rx, seperti pada gambar 87 dibawah ini

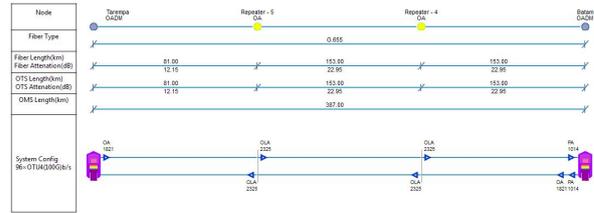


### Gambar . Simulasi Batam – Tanjung Pinang

Pada segment Batam – Tarempa hanya terdiri dari 2 site DWDM OTN yaitu site Batam dan site Tarempa. Akan tetapi pada segment ini terpasang 3 perangkat *Submarine Optical Repeater* (SOR) dikarenakan jarak panjang kabel optik laut

antara Batam dan Tarempa sangat jauh > 350 km sehingga membutuhkan tambahan perangkat SOR sepanjang jalur kabel optik laut yang digelar dengan tujuan supaya sinyal transmisi dan bandwidth kabel optik dapat sampai dengan nilai yang maksimal

dan tidak mengalami degradasi (penurunan kualitas dan kuantitas sinyal transmisi). Pada segment tersebut terdapat terpasang jumlah modul OLA, OA dan PA dengan jumlah total 8 modul yang terdiri dari 4 modul OLA, 2 modul OA, dan 2 modul PA seperti pada gambar berikut ini



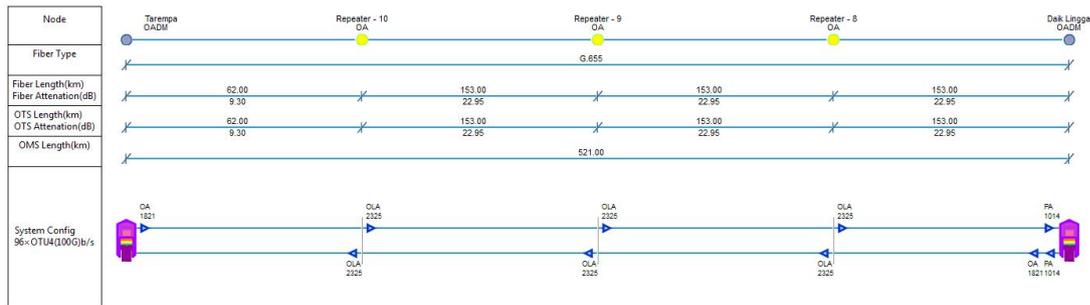
**Gambar . Simulasi Segment Batam – Tarempa**

Pada segment Daik Lingga – Ranai hanya terdiri dari 2 site DWDM OTN yaitu site Daik Lingga dan site Ranai. Akan tetapi pada segment ini terpasang 4 perangkat *Submarine Optical Repeater* (SOR) dikarenakan jarak panjang kabel optik laut antara Batam dan Tarempa sangat jauh > 700 km sehingga membutuhkan tambahan perangkat SOR sepanjang jalur kabel optik laut yang digelar dengan tujuan supaya sinyal transmisi dan bandwidth kabel optik dapat sampai dengan nilai yang maksimal dan tidak mengalami degradasi (penurunan kualitas dan kuantitas sinyal transmisi). Pada segment tersebut terdapat terpasang jumlah modul OLA, OA dan PA dengan jumlah total 14 modul yang terdiri dari 8 modul OLA, 2 modul OA, dan 4 modul PA seperti pada gambar 89 berikut ini



**Gambar . Simulasi Segment Daik Lingga – Ranai**

Pada segment Daik Lingga – Tarempa hanya terdiri dari 2 site DWDM OTN yaitu site Daik Lingga dan site Tarempa. Akan tetapi pada segment ini terpasang 3 perangkat *Submarine Optical Repeater* (SOR) dikarenakan jarak panjang kabel optik laut antara Batam dan Tarempa sangat jauh > 500 km sehingga membutuhkan tambahan perangkat SOR sepanjang jalur kabel optik laut yang digelar dengan tujuan supaya sinyal transmisi dan bandwidth kabel optik dapat sampai dengan nilai yang maksimal dan tidak mengalami degradasi (penurunan kualitas dan kuantitas sinyal transmisi). Pada segment tersebut terdapat terpasang jumlah modul OLA, OA dan PA dengan jumlah total 10 modul yang terdiri dari 6 modul OLA, 2 modul OA, dan 2 modul PA seperti pada gambar 90 berikut ini.



**Gambar . Simulasi Segment Daik Lingga – Taremp**

Pada segment Kijang – Daik Lingga hanya terdiri dari 2 site DWDM OTN yaitu site Kijang dan Daik Lingga), pada segment ini juga tidak terpasang perangkat tambahan berupa *Submarine Optical Repeater* (SOR) dikarenakan jarak panjang kabel yang digelar pada kedua kota tersebut memiliki panjang < 250 km. Modul OA dan modul PA yang terpasang pada segment ini berjumlah 6 modul yang terpasang pada sisi Tx dan Rx, yang terdiri dari 2 modul OA dan 4 modul PA seperti pada gambar 91 dibawah ini

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil design jaringan infrastruktur backbone kabel optik DWDM OTN yang ada di provinsi Kepulauan Riau dapat diambil kesimpulan dan saran sebagai berikut:

1. Dari hasil simulasi *Optical Link Power Budget* (OLBP) dan *Optical Signal Noise Ratio* (OSNR) menunjukkan bahwa hasil perhitungan masih dalam batas yang ideal untuk implementasi infrastruktur DWDM OTN dimana batasan nilai dari OLBP < 50 dBm sedangkan kisaran batasan ideal dari OSNR sendiri berkisar dari 15 dBm < OSNR < 40 dBm. Sedangkan batasan rata-rata nilai dari OSNR adalah berkisar 27 dBm < OSNR < 40 dBm.
2. Dari contoh hasil perbandingan antara perhitungan manual OSNR dengan menggunakan *Software OTN Planner* didapat perbedaan selisih nilai yang sangat kecil yaitu 0,15 dBm untuk OSNR *Forward* dan 0,01 dBm untuk OSNR *Backward* atau rata-rata < 1 dBm. Hal ini dapat disebabkan faktor yang lain seperti faktor dari *Bit Error Rate* (BER) dan *Forward Error Correction* (FEC) yang memiliki keterkaitan langsung dengan menentukan kualitas dari output keluaran sinyal sistem transmisi dari *module* OA dan PA. Dari hasil perhitungan baik secara manual dan *Software OTN Planner* diambil kesimpulan bahwa perhitungan secara manual maupun secara software memiliki tingkat dan hasil yang hampir sama akurasi dan presisinya.
3. Pada saat melakukan proses *design engineering* untuk perangkat DWDM OTN, ada sebaiknya menghindari pemasangan modul amplifier (OA dan PA) secara rangkaian (*Cascade*) dikarenakan akan membuat nilai OSNR yang ada disisi Penerima akan semakin rendah yang berarti kualitas sinyal yang dikirim dari sisi *Transmitter* Tx ke sisi *Receiver* Rx menjadi berkurang. Sebagai gantinya disarankan untuk menempatkan 1 modul OA disisi *Transmitter* Tx dan 1 modul PA disisi *Receiver* Rx dengan

kompensasi dilakukannya penambahan nilai dari *Gain* dan *Output Power* dari modul *amplifier* tersebut.

4. Pada site segment kabel laut yang memiliki panjang kabel Optik yang sangat jauh > 295 Km, ada baiknya pada saat melakukan desain dan instalasi diharuskan menambahkan perangkat *Submarine Optical Repeater* (SOR) yang dilengkapi dengan metode dan teknologi *Remote Optical Pumping Amplifier* (ROPA) diantara 6 jalur segment tersebut supaya nilai dari OLPB tetap berada < 50 dBm.
5. Pada design topologi jaringan DWDM OTN di provinsi Kepulauan Riau, penulis sengaja mendesign kondisi jaringan dalam kondisi ideal, akan tetapi dalam implementasinya bisa saja terjadi hal sebaliknya dimana hasil pengukuran redaman menunjukkan peningkatan loss yang cukup tinggi, akan tetapi hal tersebut bisa diantisipasi dengan menambahkan *margin loss* menjadi 7 dB untuk segment darat dan 5 dB untuk segment laut guna mengantisipasi hal tersebut.
6. Didalam proses perancangan dan pembuatan design infrastruktur DWDM OTN ada baiknya pada saat memasang modul OA dan PA saat simulasi nilai dari *Gain* dan *Output Power* selalu lebih besar dari loss redaman dan jarak kabel. Hal tersebut sangat diperlukan guna mendapatkan Sistem Margin yang baik.
7. Dari hasil simulasi dan analisa serta perhitungan nilai OLPB dan OSNR menunjukkan proyek pembangunan infrastruktur DWDM OTN di provinsi Kepulauan Riau sangat layak untuk digelar sebagai proyek yang berkelanjutan dan berkesinambungan dan bertahap serta bertingkat (*Multipurpose & Sustainable Telecom Infrastructure Project*) didalam menuju *Indonesia Digital Nation* (IDN).

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Fitri Ayu Nurdiana, Sugito, Sofia Naning, “Perancangan dan Analisis Sistem Komunikasi Serat Optik Link Makassar – Maumere Menggunakan *DWDM*”, *JNTETI*, Vol 4, No 33, 2015.
- [2.] Rifa Atul Izza, Firdaus, Eka Indarto, Ida Nurcahyani, “*Perancangan Jaringan Backbone dan Distribusi 4G LTE di Sleman Berbasis Jaringan Serat Optik*”, Prosiding SNATIF ke-4 Tahun 2017.
- [3.] Yudiansyah, Arie Pangesti AJi, Prita Dewi Mariyam, Novietasari Chrisnariandini, “*Design of Land Optical Fiber Backbone Communication Network in North Sumatera*”, Conference Paper 2018, International Conference on Information and Communication Technology ICOIACT
- [4.] Ibukota Indonesia direncanakan pindah ke provinsi Kalimantan Timur oleh pemerintah [https://www.cnnindonesia.com/nasional/20190826115726-32\\_424625/jokowi-ibu-kota-baru-di-kalimantan-timur diakses 26 Agustus 2019](https://www.cnnindonesia.com/nasional/20190826115726-32_424625/jokowi-ibu-kota-baru-di-kalimantan-timur diakses 26 Agustus 2019).
- [5.] [www.opticalpatchcable.com](http://www.opticalpatchcable.com), FOCC “Tinjauan Umum Teknologi DWDM dan Komponen Sistem DWDM”, June 5, 2019

- [6.] [www.packetlightnetwork.com](http://www.packetlightnetwork.com) ROADM “The Core of Agile Optical Networks”, diakses pada May, 28, 2015
- [7.] Ciena Corporation, “*Optical Transport Network (OTN)*” New Edition Expanded for Utilities. Issued by Ciena Corp @2015.
- [8.] The FOA Org. Tech/Lossbudg.htm, “*Optical Link Power Budget Formula*”, Reference Guide. <https://www.thefoa.org/tech/lossbudg.htm> 2018, Fiber Optic Association, Inc.
- [9.] [www.Optcore.net](http://www.optcore.net), “How to Calculate Link Power Budget?”, Reference Guide. “<https://www.optcore.net/how-to-calculate-the-fiber-link-budget/>. Diakses pada tanggal 17 September 2020
- [10.] [www.mapyourtech.com](http://www.mapyourtech.com), “*OSNR: What Does This Mean, Why We Need and How to take care of it?* ”, <https://mapyourtech.com/entries/general/osnr-what-does-this-mean-why-do-we-need-and-how-to-take-care-of-it-> issued at July 2019.
- [11.] <https://www.ques10.com/p/29974/what-is-rise-time-budget-analysis-derive-an-expr-1/> Diakses 17 September 2020
- [12.] Cisco System, Inc “*Introduction to DWDM Technology*” PDF Paper, issued by Cisco Headquarter, 2018 diakses pada tanggal 20 Desember 2019 dari sumber.
- [13.] <https://www.submarinenetworks.com/en/insights/next-generation-submarine-network-innovative-repeater-technology>
- [14.] <https://www.thefoa.org/tech/connID.htm><https://www.thefoa.org/conn/index.html>, type of fiber optic cable connector, diakses pada tanggal 19 November 2021